

土木分野への不織布利用について

齋藤二郎 上野裕治
木村 薫

Use of Non-woven Sheet in Earth Work

Jiro Saito Yuji Ueno
Kaoru Kimura

Abstract

Woven sheets of synthetic material have been used for a number of years in many construction projects involving earth work. Recently, some textile manufacturers have developed non-woven fabrics which have different structures and properties from woven sheets and there has been a growing trend to make use of such fabrics in earth work. The extensibility and permeability of non-woven fabric were perceived and the application to the Faggot Method and as a drain material in embankment with soils of poor quality were considered. This paper reports on the present condition of use of non-woven sheets and results of a number of studies at the authors' research institute.

概 要

土木分野において化学合成繊維の織布は従来から各方面で利用されてきたが、近年、各繊維メーカーによって、これと構造、性能の異なる不織布が開発され土木的利用への機運が高まってきた。当社では不織布の土木的利用として、その伸び特性、及び透水性に着目し、不織布のファゴット工法への適用に関して検討するとともに軟弱な盛土の排水にドレーン材としての適用を検討した。本報では土木分野における不織布の利用現況を述べるとともに当技研で行った不織布利用に関する2～3の実験結果について報告する。

1. まえがき

繊維製品には天然繊維と人造繊維製品とがあるが綿、麻、絹、羊毛などで代表される天然繊維は衣料用あるいは麻ロープなど産業用資材としても古くから利用されてきた。これに対して人造繊維の歴史は非常に浅く工業化されてから80年を経過した程度にすぎない。

人造繊維は大別して2種類がある。すなわち、一つには天然の糸状分子を分離、再配列した再生繊維、例えばレーヨンやスフと呼ばれるものと他の一つには糸状に高分子を合成し繊維とするいわゆる合成繊維とである。

合成繊維の発端はナイロンであり1938年に米国で開発された。我国で本格的に工業化されたのは昭和25年頃である。その後、初の国産開発製品としてビニロン

繊維が出現したが、一方では諸外国からの技術導入も活発であり、例えばイギリスから導入されたポリエステル系のテトロン繊維やイタリアから技術導入されたポリプロピレン繊維などがある。

現在、合成繊維の繊維製品に占める割合は非常に高く衣料用ばかりでなく産業資材用、スポーツ、レジャー製品など広い分野にわたり使用されている。

合成繊維は天然繊維に比べて一般に強度が2～5倍である。しかも吸湿性が少なく、湿潤時の強度は乾燥時のそれに比べて5～20%程度減少するにすぎない。これを天然繊維である人絹についてみると、湿潤時の強度は乾燥時に比べて普通50%程度低下する。このように合成繊維は天然繊維に比べて強度の面で著しい特長があるが、この他にも耐薬品性や耐腐食性などの特長を有している。

一般に繊維製品には糸状繊維を織る織布と繊維の素

材をそのまま積層して利用する不織布とがある。不織布は織布に比べて強度はかなり小さいが伸度が大きく透気性にすぐれている。さらに織布に比べて一般に面積当りの重量が非常に軽いなど、種々の特長を有している。このことから不織布の産業用資材としての利用は最近急激な伸びを示している。

土木分野への不織布の利用は織布に比べてまだ著しく少ない。しかし不織布のもつ数多くの特長は今後の利用に関し十分、検討するに価する。

2. 合成繊維の利用の現況⁽¹⁾

建設分野における合成繊維の利用はきわめて多岐にわたっているが、大まかに分類すると表一に示すようになる。

用途	応用	例
建築材	大型構造テント、一般テント類、ドーム類、ロープ、シート類	
建築内装材	リノリウム基布、タイル裏張り、ライニング基布織維壁、断熱吸音基布、化粧板	
家具・インテリア	敷地、モケット類、カーテン類、障子など	
構造物部品	信号機材、締結材その他各種	
コンクリート工事用材	コンクリートパネル	
輸送用材	スリーブホース、ダクトホース、コンベヤーベルト、コンテナ	
防護材	ルーフィング類、防水材、埋設鋼管巻き材、防風雪板、養生シート、汚濁防止材	
安全用材	救命用具、避難具	
透水性、フィルター材	洗堀、標砂、洩砂、吸出しなど防止材、暗キョ排水材、各径ドレン材	
止水材	浸水、洩水防止材	
地盤処理材	表層処理材、構造物周の摩擦軽減	
斜面防護材	斜面安定材	
築堤材	フレーム工法、コンクリートバッグ、土のう	

表一 合成繊維の主な利用例

表一は合成繊維として織布および不織布を合わせた利用状況を示したものであるが、このうち不織布の利用としては現在のところフィルター材としての利用が最も多い。

土木分野におけるフィルター材の主な適用は、(a)護岸、用水路などの裏込め土砂の吸い出し防止、(b)堤防のり尻などにおける漏砂防止、(c)しゅんせつ埋立時の流砂防止、(d)よう壁裏込め土の排水、などがこれまでの用途であったが、後述するように軟弱土の土中排水にもその適用範囲を拡げている。

フィルター材以外の土木の利用として最近欧州では軟弱土の表層処理に利用するケースが多い⁽²⁾。これまで我国では超軟弱地盤における地盤表層の支持力改善に織布が利用されており、当社で開発したファゴット工法はその代表例である。我国のような立地条件のもとで不織布がシート工法として適用できるか否かは今後、大いに検討の余地があるが少なくとも欧州での使用実績からみて、これとほぼ同等の地盤条件を有する場所での利用には適用可能と考えられ、今後の利用拡大に期待が持たれる。

3. 不織布の利用に関する2,3の実験

不織布の伸び特性およびフィルター効果に着目し、不織布のシート工法への適用ならびに軟弱盛土の排水工法の開発を目的とし2～3の室内および現場実験を行った。以下に実験の概要ならびに結果について述べる。

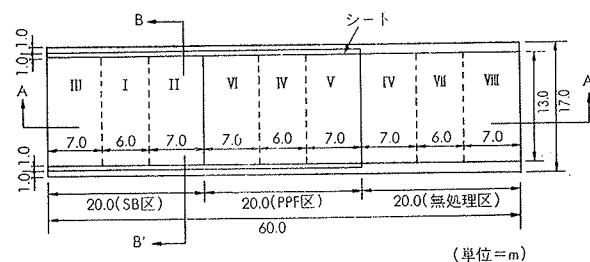
3.1. 不織布のファゴット工法的利用に関する現場実験

3.1.1. 実験概要

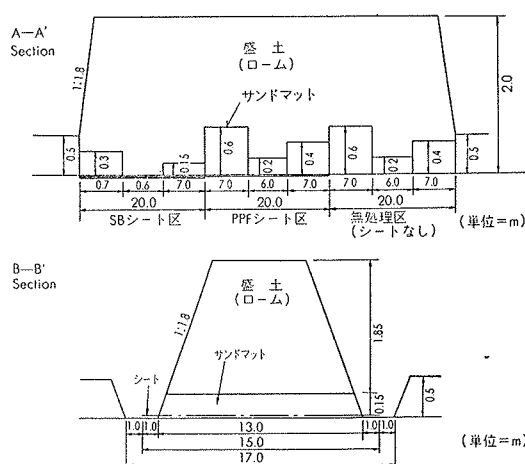
(1) 実験場所：千葉県佐倉市臼井字野間台

(2) 実験期間：昭和50年3月～同年7月

(3) 実験フィールドの配置：実験フィールドは、図一1, 2に示すように、不織布シート区域(S. Bシート区域) 織布シート区域(P. P. Fシート区域), 無処理区域の3区域からなり、それぞれの区域はさらにサンドマット厚さを3段階変えて設置し、シートによる比較とともに、透水層の厚さによる比較を検討した。



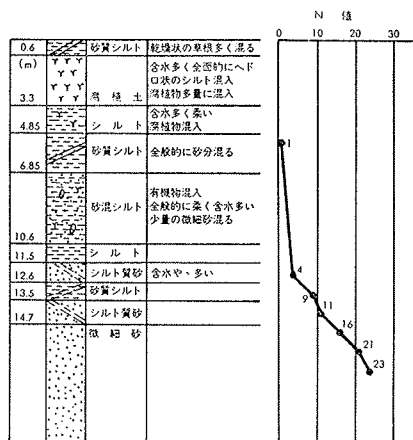
図一 試験区域平面図



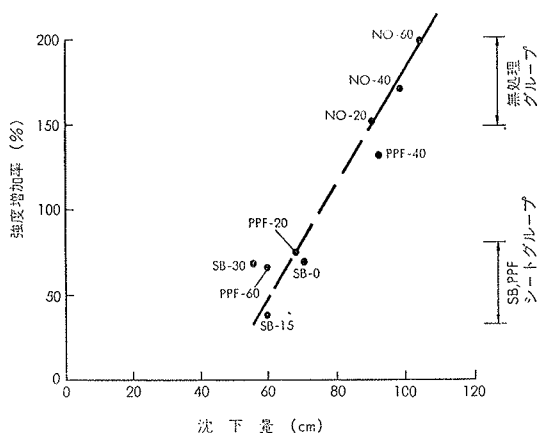
図二 試験区域断面図

(4) 土質：実験フィールドは、図一3に示すように腐植土、あるいは粘土、ミルトからなる軟弱地盤である。

(5) 使用シート：実験に使用したシートは、表一2に示すような性能を持つ2種のシートを用い、これに



図一三 実験フィールドの土質



図一五 沈下量と地盤強度の増加率の関係

無処理区域を加えて3種の比較を行った。

(6) 測定：各区域のそれぞれのサンドマット厚さごとに中央で1点、沈下板をセットして沈下量の測定を行い、さらに実験前及び実験後に各区域のサンドマット厚さごとに3点、深度350cmまでコーン貫入試験を行い、地盤強度の変化を測定した。

シート	(*)		(**)	
	種別	不織布(SB)	種別	織布(PPF)
仕様	メーカー	東洋紡績	三菱油化	
	銘柄	ES-400	#300	
重量	g/m ²	400	136	
厚さ	m/m	2.6	0.72	
引張強度	縦	110	120	
	横	100	100	
伸度	縦	52	21	
	横	52	17	
引裂強度	縦	12	30	
	横	15	28	

(*) SB ; スパンボンド
(**) PPF; ポリアプロ・ビレン・フィルム

表一 二 シート性能

3.1.2. 実験結果及び解析

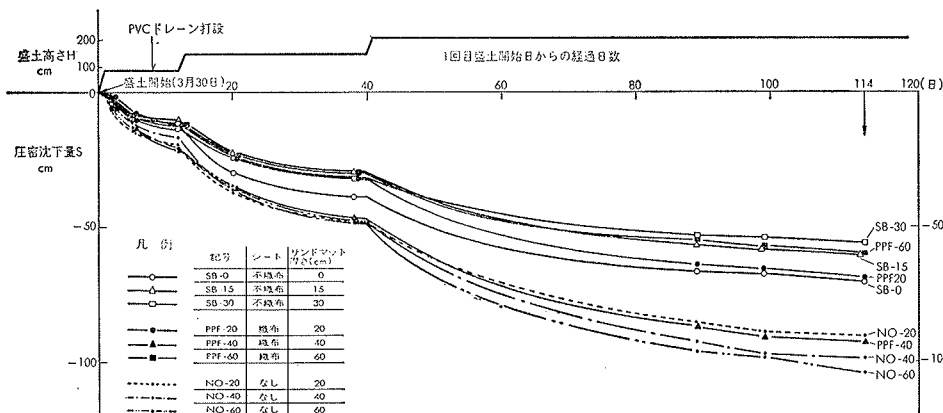
(1) 沈下量測定結果：盛土による地盤の沈下を沈下曲線として表わしたものが図一4である。図からわかるように、S. B, P. P. F. シートのグループ（最終沈下量, 55~70cm）と無処理グループ（同, 90~105cm）とに大別できる。

(2) 沈下量と地盤強度の増加率の関係：盛土による地盤の沈下には、せん断破壊（すべり）によるものと、圧密によるものとが考えられる。この2者を地盤の強

度増加という面から考えると、せん断破壊の場合、沈下しても地盤強度にはほとんど変化が現われないが、圧密沈下の場合、沈下量が増加すれば地盤強度も増加してくる。この関係を見るために、沈下量とコーン支持力による地盤強度の増加率の関係を示したものが図一5である。ここで、沈下量とは最終沈下量であり、地盤強度の増加率とはコーン支持力の初期値に対する増加分の割合をいう。図一5からわかるように、全体的に見ると沈下量と地盤強度の増加率は比例関係にあり、沈下のほとんどは圧密沈下であると考えられる。またここでもS. B, P. P. F. シート区域のグループと無処理区域のグループとに大別できるが、シートを敷いた区域では、主としてシートによる盛土施工時の荷重分散効果によって地盤の支持力が改善され、その結果として盛土層厚が無処理区域に比べて小さくなり、沈下量ならびに強度増加率が小さい値になったものと考えられる。

また、サンドマットの排水性について考えてみると、サンドマット厚さが厚くなれば排水性が良くなり圧密沈下は促進されると考えられるが、今回の実験からは明確な結果は得られなかった。しかし、シートを敷いた区域と無処理区域とでは、絶対値の差として25~40cmの沈下量の開きがあった。さらに、S. Bシート区域とP. P. F. シート区域とで比較してみたが、サンプル数が少ないこともあり、沈下量及び強度増加率に的確な差は認められなかった。

3.1.3. シートの効果 以上の結果及び考察から、織布、不織布両者とも、サンドマッ



図一四 盛土荷重による地盤の沈下曲線

ト厚さには関係なく沈下量，地盤強度の増加率はほぼ一定であり，シーートの排水効果及び支持力の面からいえば両者とも大差ないといえる。また，不織布の排水層としての透水性については，原地盤の表層が腐植土層であり，この腐植土層からの排水があるため，不織布自体の排水効果は確認できなかった。

3.2. 特殊排水材の開発⁽⁴⁾

従来，軟弱な盛土の安定化対策として一般に砂フィルターを用いる工法が実施されているが，次のような技術的，経済的な面での問題点を有している。(a)砂材料が入手難，高価である。：排水性に富む良質な砂の入手が難しく， m^3 当りの単価も高い。(b)施工が繁雑である。：砂の運搬，フィルター層の設置に時間を要し，近隣住民に対する運搬公害の問題もある。(c)目詰りしやすい。：砂フィルター施工時に微粒な土の粒子が砂に混入しやすく，目詰りを生じて排水層の機能が著しく低下する。(d)砂フィルター層の不連続性。：軟弱土上に設置した場合，めりこみが著しく砂層の連続性に難点がある。

特殊排水材 O. V フィルターは，主としてこのような砂を用いる在来の排水工法が有している問題点を解消するため，当社及び関日本バイリーンが共同で開発したものである。

3.2.1. O. V フィルターの

特徴 O. V フィルターは図-6に示すように合成繊維と合成樹脂を素材とする不織布の積層構造である。すなわち，フィルター材両側面を密な特殊加工の不織布で目詰り防止のフィルター層とし，中を綿状不織布でドレーン層とした三層構造である。さらに排水効果を高めるため，ドレーン層にスパイラルスプリングを10cm 間隔に挿入している。このため，土中での特徴は次のとおりとなる。

(a)地盤の変形に自由に追従できると共に，土圧によるフィルター断面の潰れにも心配がない。(b)すべて高分子材料でできているため土中のバクテリアによる腐食の心配はない。(c)土に接する面が細目特殊加工の不織布でできておりフィルター効果が高い。一例として図-7に示すように，フィルター両面からの圧縮応力 $P = 3.0 \text{ kg/cm}^2$ の場合でも，フィルター材長手方向の透水度はほぼ $K = 10^{-1} \text{ cm/sec}$ ときわめて良い排水性能を有する。また，O. V フィルターの重量は 260 g/m^2 と，軽くて持ち運びに便利であり，現場で埋設する場

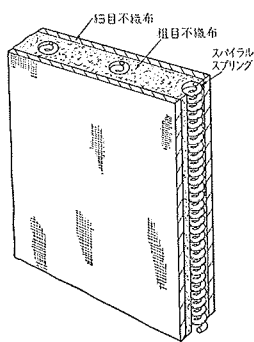


図-6 O. V フィルターの構成

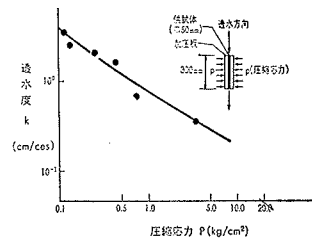


図-7 圧縮応力による水平方向の透水度の変化

合にも大型の施工機械等は使用せず，ロール巻を人力で広げるだけで簡便に行えるなどの施工上の利点も有している。

3.2.2. 室内実験

フィルターの有効性を確かめるため室内の模型盛土にサンドフィルター及び O. V フィルターをそれぞれ敷設して，人工降雨による堤体への浸透水の排水状況について比較実験を行った。

(1) 実験方法概要：まず模型土槽中に広島県産の比較的風化の進んだマサ土を使用して盛土高 1 m，のり勾配 1 : 1.8 の模型盛土を造成し，降雨装置によって降雨強度を 10~200mm/h と変化させ，模型盛土への降雨の浸透を調査した。フィルターの設置は図-8に示すように，サンドフィルター設置の場合は透水係数が約 10^{-2} cm/sec の川砂を堤体内に 2 層，5cm の厚さに均一にまきだして設置し，O. V フィルター設置の場合には幅 10cm のものを横 30cm ピッチ，縦 40cm ピッチで 2 層設置した。

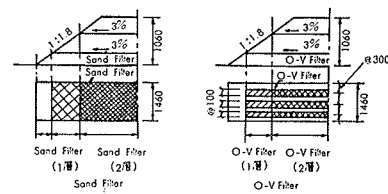


図-8 フィルター配置図

(2) 実験結果：降雨強度とのり面崩壊時間の結果を図-9に示す。小さい降雨強度ではフィルターの

ない場合の方が早く崩壊するのに対して，サンドフィルターや O. V フィルターのある場合はそれぞれ崩壊に至る時間が約 50% 長い。O. V フィルターに比べ，サンドフィルターの方がわずかにのり面崩壊に対して良好な結果を得ているが，これは両フィルターの横断方向における有効設置面積比，約 5 倍のちがいが主な原因と考えられる。

降雨強度 13.7mm/h における堤内水位の状況を図-10に示す。一般にフィルターを設置しない場合は，設置した場合に比べて堤内水位の上昇速度が大きいことがわかる。

浸透水流の状況は盛土中に設置した染料の浸透流による流れを追跡調査する方法とした。その結果を図-11に示す。フィルターのない場合はのり尻部に水が集中するのがよく判る。これに対してフィルターのある場合は水の流れがフィルター層に向いていることが確かめられる。

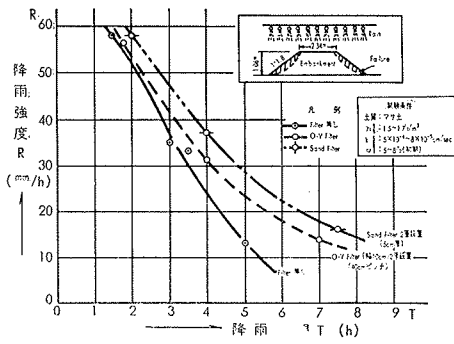


図-9 降雨強度とのり面崩壊時間

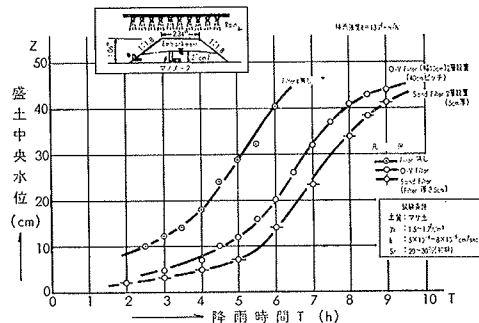


図-10 降雨時間と堤内水位

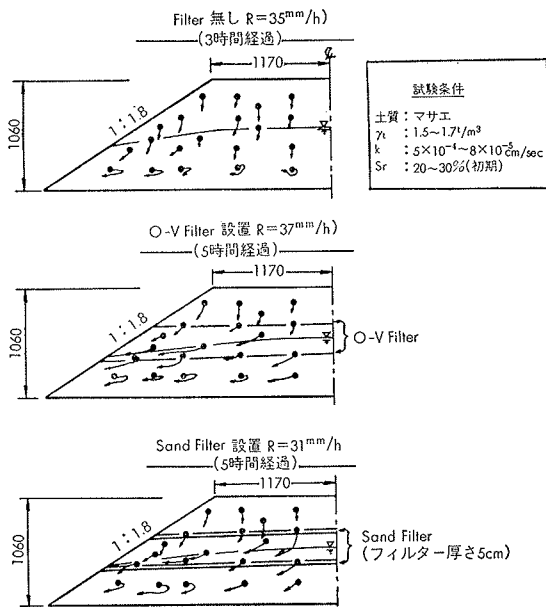


図-11 降雨による浸透水流の状況

3.2.3. 実施例 建設省竜門ダム工事における盛土造成工事(熊本県菊池市)

この工事は約30mに及ぶ高盛土の施工に加えて、阿蘇火山灰土である超鋭敏な高含水比粘性土を盛土材料に使用したため、施工機械のトラフィカビリティの確保がむつかしく、さらに盛土堤体の安定にも問題があった。そこでこの対策にO、Vフィルターを堤内に敷設し堤体内の間げき水圧を低減させる方法をとった。

盛土堤内に埋設した間げき水圧計の測定結果を図-12に示す。図からP-3, 4の間げき水圧の発生状況を見ると、盛土の進行につれて上昇した間げき水圧は、盛土の施工休止によりわずか10~20日程度でほとんど初期の状態まで低下し、圧密脱水が速やかに行われていることが示されている。

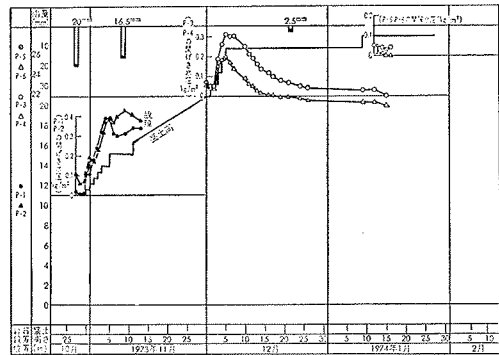


図-12 間げき水圧測定結果

4. あとがき

不織布の土木分野への利用に関する研究として、現在2件の利用開発に関する実験を行ってきた。まずファゴットシート工法への適用についてはまだ明確な結論が得られていない。しかし本実験の結果は、一般に使用されている従来の織布とほぼ同程度の支持改善効果が認められる。一般に不織布の強度、ならびに伸び特性からみて、きわめて軟弱な地盤での使用は不可能と考えられる。したがって今後の利用を考える場合不織布シートの適用可能な地盤の選定と、シートの強度を改善する必要がある。

不織布のフィルター効果については、実験結果からもわかるようにその性能はサンドフィルターとほぼ同程度と考えられ、今後この方面への利用は拡大されるものと思われる。現在、O、Vフィルターの利用としては、主に高含水比粘土による盛土のフィルター排水の他、路床排水、のり面表層土の排水、よう壁裏込め土の排水など、種々のフィルター排水に一部適用されている。さらに現在まだ検討中ではあるが、超軟弱埋立土の排水として、バーティカルドレン材への適用も考えている。

参考文献

- 1) 土と基礎・最近の工法; 土質工学会 (1967)
- 2) Colbond B. V.; Enka Glanzstoff (1973)
- 3) スパンボンドシートファゴット工法への適用に関する研究; 大林組技術研究所報告書 (1975)
- 4) O、Vフィルター工法について; 土木学会関東支部, 第3回大会講演概要集 (1975)